





## Antiabrasion coating

**Patent number:** DE19859477  
**Publication date:** 2000-06-29  
**Inventor:** SAGEL ALEXANDER (DE); BAYER ERWIN (DE); KOPPERGER BERTRAM (DE); SMARSLY WILFRIED (DE)  
**Applicant:** MOTOREN TURBINEN UNION (DE)  
**Classification:**  
- **international:** C22C45/00; C22C45/02; C22C45/04; C22C45/08; C22C45/10; C23C30/00; F01D5/28; C22C45/00; C23C30/00; F01D5/28; (IPC1-7): C23C30/00; C22C45/00  
- **european:** C22C45/00B; C22C45/00D; C22C45/02; C22C45/04; C22C45/08; C22C45/10; C23C30/00; F01D5/28F  
**Application number:** DE19981059477 19981222  
**Priority number(s):** DE19981059477 19981222

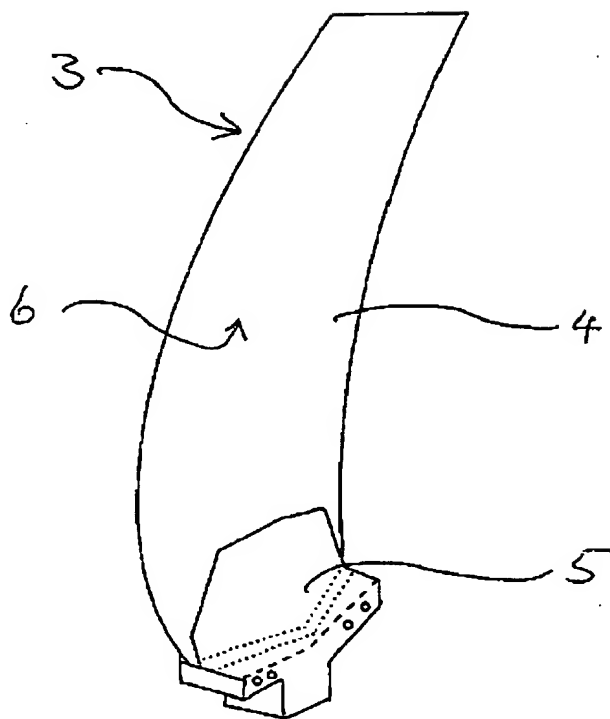
**Also published as:**

 WO0037713 (A1)  
 EP1144727 (A1)  
 US6773817 (B1)  
 EP1144727 (B1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19859477

The invention relates to an antiabrasion coating which is applied to a surface to be protected of a component subjected to mechanical and/or fluidic stress and consists essentially of amorphous or amorphous-nanocrystalline metals. To offer protection against abrasion or erosion the coating (6) consists substantially of an alloy on a Ni-W basis or an alloy on the basis of Cu-Al-Ti (or-Ta or-Zr) or Pd-Cu-Si or Pt-Al-Si or Ta-Si-N or substantially of an Al alloy, as well as of at least one rare-earth metal and a transition metal such as Cu, Ni or Co.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 59 477 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**C 23 C 30/00**  
C 22 C 45/00

21 Aktenzeichen: 198 59 477.1  
22 Anmeldetag: 22. 12. 1998  
43 Offenlegungstag: 29. 6. 2000

DE 198 59 477 A 1

71 Anmelder:  
MTU Motoren- und Turbinen-Union München  
GmbH, 80995 München, DE

72 Erfinder:  
Sagel, Alexander, 89075 Ulm, DE; Bayer, Erwin, Dr.,  
85221 Dachau, DE; Kopperger, Bertram, 85241  
Hebertshausen, DE; Smarsly, Wilfried, Dr., 81669  
München, DE

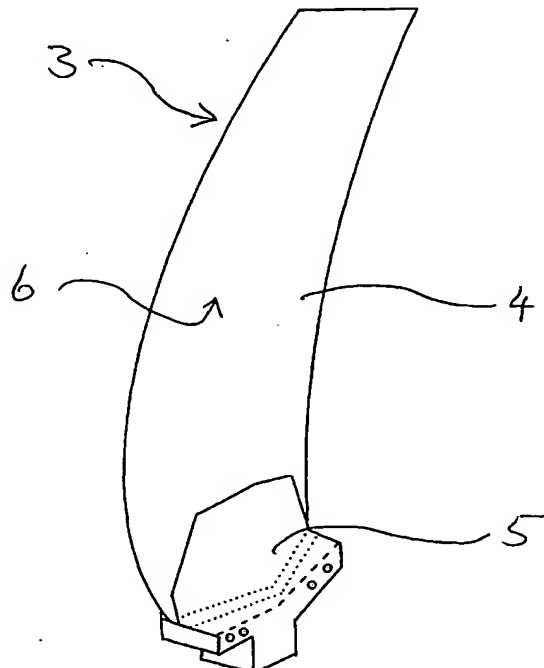
56 Entgegenhaltungen:  
DE 42 16 150 A1  
DE 38 14 444 A1  
DE 38 00 454 A1  
DE 6 89 03 073 T2  
Metall 36(1982) 8, S. 841-853;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verschleißschuttschicht

57 Eine Verschleißschuttschicht, die auf eine zu schützen-  
de Oberfläche eines mechanisch und/oder strömungsme-  
chanisch beanspruchten Bauteils aufgebracht ist, wobei  
die Schicht (6) zum Schutz gegen abrasiven oder erosiven  
Verschleiß im wesentlichen aus amorphen oder amorph-  
nanokristallinen Metallen besteht (Fig. 3).



DE 198 59 477 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Verschleißschuttschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche eines mechanisch und/oder strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils aufgebracht ist.

Durch Reibung mechanisch beanspruchte oder umströmte Bauteile unterliegen im allgemeinen abrasivem oder erosivem Verschleiß. Im Bereich der Verbrennungskraftmaschinen tritt dieser z. B. bei Kolbenmotoren an Ventilen, Kolben od. dgl. auf. Im Bereich der Gasturbinen sind die umströmten Bauteile darüber hinaus gegen Erosion und Korrosion zu schützen.

Das der Erfindung zugrundeliegende Problem besteht darin, eine Verschleißschuttschicht der eingangs beschriebenen Gattung zu schaffen, welche mechanisch, z. B. durch Reibung, oder fluidisch beaufschlagte Oberflächen von Bauteilen gegen Verschleiß schützt und deren Lebensdauer erhöht.

Die Lösung des Problems ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht im wesentlichen aus amorphen oder amorph und nanokristallinen Metallen besteht.

Der Vorteil solcher Verschleißschuttschichten besteht darin, daß ihre Legierungen anders als herkömmliche kristalline Metalle durch ihre amorphe bzw. glasartige Struktur keine Korngrenzen aufweisen und so einerseits eine hohe Festigkeit gegen abrasiven oder erosiven Verschleiß und andererseits ein hohes elastisches Rückstellvermögen besitzen.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung besteht die Schicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Ni-W-Basis, wobei die Legierung Ni-reich sein kann und lediglich zwischen 20 und 40 Atom-% W enthalten kann. Zur Erzielung der amorphen oder amorph und nanokristallinen Metallstruktur kann die Legierung auf kostengünstige Weise galvanisch auf der Oberfläche des zu beschichtenden Bauteils abgeschieden werden.

In einer alternativen Ausgestaltung kann die Verschleißschuttschicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Cu-Al-Ti (oder -Ta oder -Zr)- oder Pd-Cu-Si- oder Pt-Al-Si- oder Ta-Si-N-Basis bestehen, wobei die Schicht mittels PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition) auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht sein kann und insbesondere Ta-Si-N für Anwendungen bei höheren Temperaturen geeignet ist.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel der Verschleißschuttschicht besteht die Schicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Zr-Ti-Basis, wobei die amorphe oder amorph und nanokristalline Metallstruktur durch Aufbringen der Legierung aus der Schmelze hergestellt ist.

Alternativ kann die Verschleißschuttschicht im wesentlichen aus einer Legierung auf Fe-Cr-B-Basis bestehen, wobei die Legierung bevorzugt eisenreich ist und etwa 70 Atom-% Fe enthält. Eine solche Verschleißschuttschicht kann z. B. durch thermische Spritzverfahren auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht sein.

Alternativ kann die Verschleißschuttschicht im wesentlichen aus einer Legierung aus Al, wenigstens einem Selten-erdmetall und einem Übergangsmetall wie z. B. Cu oder Ni oder Co bestehen.

Bevorzugt ist die Schicht am Fuß einer Schaufel einer Gasturbine zum Schutz gegen Fretting aufgebracht, da dort während des Betriebs der Gasturbine ein hoher Reibverschleiß unter hochfrequenter Wechselbeanspruchung mit kleinen Amplituden auftritt.

In einer anderen Ausgestaltung kann die Verschleißschuttschicht auf einem im wesentlichen aus faserverstärkten Kunststoff (FVK) bestehenden Bauteil aufgebracht sein,

um dieses gegen Erosion zu schützen. Bei FVK-Schaukeln für Verdichter von Gasturbinen sind als Erosionsschutz z. B. metallische Folien, Filze, Drahtgeflechte oder Lacke bekannt, die im Hinblick auf die Fertigungskosten oder die geforderte Lebensdauer nachteilig und noch nicht anwendbar sind.

Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kann die Verschleißschuttschicht auf einem als Scheibe oder Ring ausgebildeten Rotorträger bzw. -kranz eines integral beschaukelten FVK-Rotors einer Gasturbine als Schutz gegen abrasiven und/oder erosiven Verschleiß aufgebracht sein.

Bei einer alternativen Anwendung ist die Verschleißschuttschicht auf ein Bauteil eines Hubkolbenmotor, wie z. B. ein Ventil, eine Nockenwelle, eine Kurbelwelle, einen Kolbenring oder einen Kolbenbolzen aufgebracht.

Weiter Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf eine Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Struktur eines amorphen Metalls,

Fig. 2 eine schematische Darstellung auf die Struktur eines amorphen und nano- bzw. teilkristallinen Metalls,

Fig. 3 eine schematische und perspektivische Ansicht einer FVK-Schaukel mit einem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verschleißschuttschicht,

Fig. 4 eine schematische und perspektivische Ansicht einer metallischen Schaufel mit einem alternativen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verschleißschuttschicht und

Fig. 5 eine schematische und perspektivische Ansicht eines FVK-Rotors mit einem weiteren alternativen Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Verschleißschuttschicht.

Fig. 1 zeigt schematisch die Gefügestruktur eines amorphen Metalls, bei dem die Elemente nicht, wie z. B. bei Ti, in einer festen, kristallinen Struktur angeordnet sind, sondern ohne regelmäßiges Kristallgitter ungeordnet vorliegen (Bereich 1). Die dadurch fehlenden Korngrenzen führen dazu, daß amorphe oder amorph und nanokristalline Metalle eine hohe Verschleißfestigkeit und Vickers-Härte aufweisen. Zudem tritt anders als bei den kristallinen Metallen bei einer Beanspruchung keine Versprödung und Kaltverfestigung auf.

Fig. 2 zeigt schematisch die Struktur eines amorphen und nano- bzw. teilkristallinen Metalls, bei dem die Elemente zum einen ungeordnet in einer amorphen Struktur (Bereich i) und zum anderen kleinere Bereiche in einer kristallinen Struktur vorliegen (Bereich 2). Auch solche amorph- und nano- bzw. teilkristallinen Metalle weisen eine hohe Festigkeit gegen abrasiven oder erosiven Verschleiß auf und besitzen eine hohe Vickers-Härte.

Fig. 3 zeigt eine schematische und perspektivische Ansicht einer im ganzen mit 3 bezeichneten Schaufel einer Gasturbine, bei der ein Schaufelblatt 4 aus faserverstärktem Kunststoff besteht und an einem metallischen, aus einer Ti-Basislegierung bestehenden Schaufelfuß 5 befestigt ist. Eine solche Schaufel 3 wird beispielsweise in einem Verdichter eingesetzt und mit ihrem Schaufelfuß 5 an einem Rotorkranz bzw. -träger lösbar oder auch mit einem geeigneten Schweißverfahren integral befestigt. Die Ausbildung des Schaufelblatts 4 aus faserverstärktem Kunststoff erweist sich im Hinblick auf die Gewichtsreduzierung als vorteilhaft. Nachteile bestehen jedoch in ihrem im allgemeinen unzureichenden Verschleißverhalten gegen Erosion. Aus diesem Grund wird das Schaufelblatt 4 aus faserverstärktem Kunststoff vollständig mit einer Verschleißschuttschicht 6

versehen, die im wesentlichen aus amorphen oder amorph- und nanokristallinen Metallen besteht.

Bei der vorliegenden Ausgestaltung wird eine im wesentlichen auf Ni-W-Basis bestehende Legierung ausgewählt, die Ni-reich ist und etwa 30 Atom-% W enthält. Zur Ausbildung der amorphen bzw. amorph- und nanokristallinen Struktur wird die Legierung durch galvanisches Abscheiden auf die Oberfläche des Schaufelblatts 4 aus kohlefaserverstärkten Kunststoff aufgebracht. Die mechanischen Eigenschaften sowie das Verschleißverhalten der Verschleißschicht 6 läßt sich durch die Parameter Temperatur, Spannung sowie die Chemie des galvanischen Bads einstellen.

Insbesondere die Härte der Verschleißschicht 6 läßt sich zudem durch eine abschließende Wärmebehandlung bei Temperaturen zwischen etwa 100°C und 500 °C erhöhen. Alternativ können auch lediglich einzelne Abschnitte der Schaufel 3, wie die Eintrittskante oder die Schaufelspitze mit der Verschleißschicht 6 versehen sein.

Fig. 4 zeigt eine metallische (Lauf-)Schaufel 7 eines Verdichters einer Gasturbine, die einen Schaufelfuß 8 mit einem Tannenbaumprofil 9 zur lösbaren Befestigung an einem Rotor aufweist. Die Schaufel ist aus Ti-Al pulvermetallurgisch hergestellt. Alternativ könnte die Verschleißschicht 6 auch auf gegossene oder geschmiedete Schaufeln oder andere Bauteile einer Gasturbine aufgebracht werden. Während des Betriebs der Gasturbine tritt am Schaufelfuß 8 der Schaufel 7 häufig sog. Fretting auf. Zur Vermeidung des dadurch verursachten Verschleißes und mithin zur Erhöhung der Lebensdauer ist die Schaufel 7 an ihrem Schaufelfuß 8 und insbesondere im Bereich des Tannenbaumprofils 9 mit einer im wesentlichen aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen bestehenden Verschleißschicht 6 geschützt. Die Verschleißschicht 6 besteht im wesentlichen aus einer Legierung auf Pd-Cu-Si-Basis und ist durch ein PVD-Verfahren auf die gegen Fretting zu schützende Oberfläche des Schaufelfußes 8 aufgebracht. Eine solche Verschleißschicht 6 zeichnet sich neben den guten mechanischen Eigenschaften insbesondere auch durch eine gute Oxidationsbeständigkeit aus. Für Anwendungen bei höheren Temperaturen kann die Verschleißschicht 6 alternativ aus einer Legierung auf Ta-Si-N-Basis bestehen.

Im vorliegenden Anwendungsfall gemäß Fig. 4 ist alternativ auch eine aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen bestehende Verschleißschicht 6 aus einer Legierung auf Fe-Cr-B-Basis geeignet, die eisenreich ist und etwa 70 Atom-% Fe enthält. Die gewünschte, wenigstens bereichsweise amorphe Struktur dieser Legierung läßt sich beim Aufbringen durch thermisches Spritzen einstellen.

Fig. 5 zeigt einen integral beschauelten Rotor 10 einer Gasturbine, an dessen Umfangsfläche 11 mehrere, im allgemeinen äquidistant angeordnete und sich im wesentlichen in Radialrichtung erstreckende Schaufeln 12 integral befestigt sind. Ein solcher Rotor 10 wird z. B. integral aus kohlefaserverstärktem Kunststoff hergestellt und weist ein schlechtes Verschleißverhalten auf. Zur Verbesserung des Widerstands gegen abrasiven und erosiven Verschleiß während des Betriebs wird der Rotor 10 mit einer Verschleißschicht 6 aus einer Legierung auf Ni-W-Basis versehen, die Ni-reich ist, etwa 35 Atom-% W enthält und zur Ausbildung der amorphen bzw. amorph-nanokristallinen Struktur durch galvanisches Abscheiden auf der Oberfläche des Rotors 10 hergestellt ist.

#### Patentansprüche

1. Verschleißschicht, die auf eine zu schützende Oberfläche eines mechanisch und/oder strömungsmechanisch beanspruchten Bauteils aufgebracht ist, da-

durch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im wesentlichen aus amorphen oder amorph-nanokristallinen Metallen besteht.

2. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im wesentlichen aus einer Legierung auf Ni-W-Basis besteht.

3. Schutzschicht nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Legierung Ni-reich ist und zwischen 20 und 40 Atom-% W enthält.

4. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im wesentlichen aus einer Legierung auf Zr-Ti-Basis besteht.

5. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im wesentlichen aus einer Legierung auf Cu-Al-Ti (oder -Ta oder -Zr)- oder Pd-Cu-Si- oder Pt-Al-Si- oder Ta-Si-N-Basis besteht.

6. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im wesentlichen aus einer Legierung auf Fe-Cr-B-Basis besteht.

7. Schutzschicht nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) eisenreich ist und etwa 70 Atom-% Fe enthält.

8. Schutzschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) im wesentlichen ein aus einer Legierung aus Al, wenigstens einem Seltenerdmetall und einem Übergangsmetall wie Cu oder Ni oder Co besteht.

9. Schutzschicht nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) aluminiumreich ist und etwa 80 bis 90 Atom-% Al enthält.

10. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) durch galvanisches Abscheiden auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.

11. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) aus der Schmelze auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.

12. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) mittels PVD-Verfahren auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.

13. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) durch thermisches Spritzen auf die Oberfläche des Bauteils aufgebracht ist.

14. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf einem Bauteil einer Verbrennungskraftmaschine aufgebracht ist.

15. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf einem gas- oder heißgasumströmten Bauteil einer Gasturbine aufgebracht ist.

16. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) am Fuß (8, 9) einer Schaufel (7) einer Gasturbine zum Schutz gegen Fretting aufgebracht ist.

17. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil im wesentlichen aus faserverstärktem Kunststoff (FVK) besteht.

18. Schutzschicht nach einem oder mehreren der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf eine FVK-Schaufel (3, 12) und/oder einen als Scheibe oder Ring ausgebildeten Träger eines integral beschauelten FVK-Rotors (10) zum Schutz gegen Erosion und/oder Korrosion aufgebracht ist.

19. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil metallisch ist.

20. Schutzschicht nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauteil aus einer Legierung auf Ti- oder Ni- oder Co- oder Fe-Basis besteht. 5

21. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf einem Radreifen eines Schienenfahrzeugs aufgebracht ist. 10

22. Schutzschicht nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Schicht (6) auf ein Bauteil eines Hubkolbenmotors, wie z. B. ein Ventil, eine Nockenwelle, eine Pleuellwelle, einen Pleuellbolzen oder einen Pleuellbolzen aufgebracht ist. 15

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

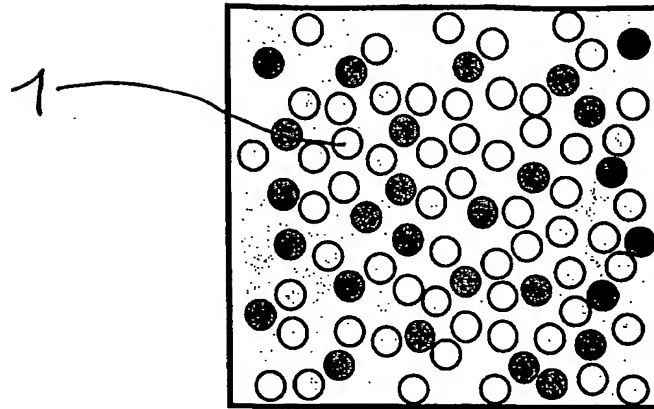


Fig. 2

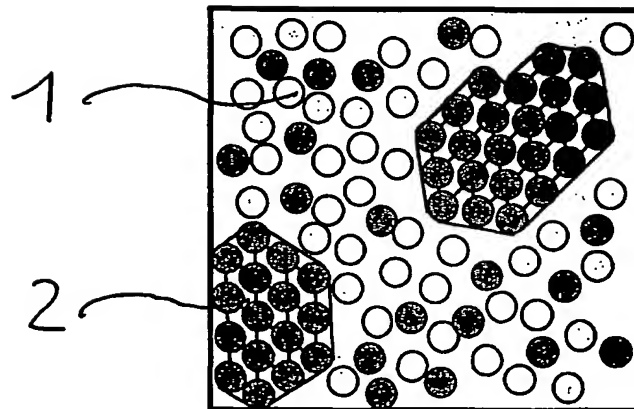
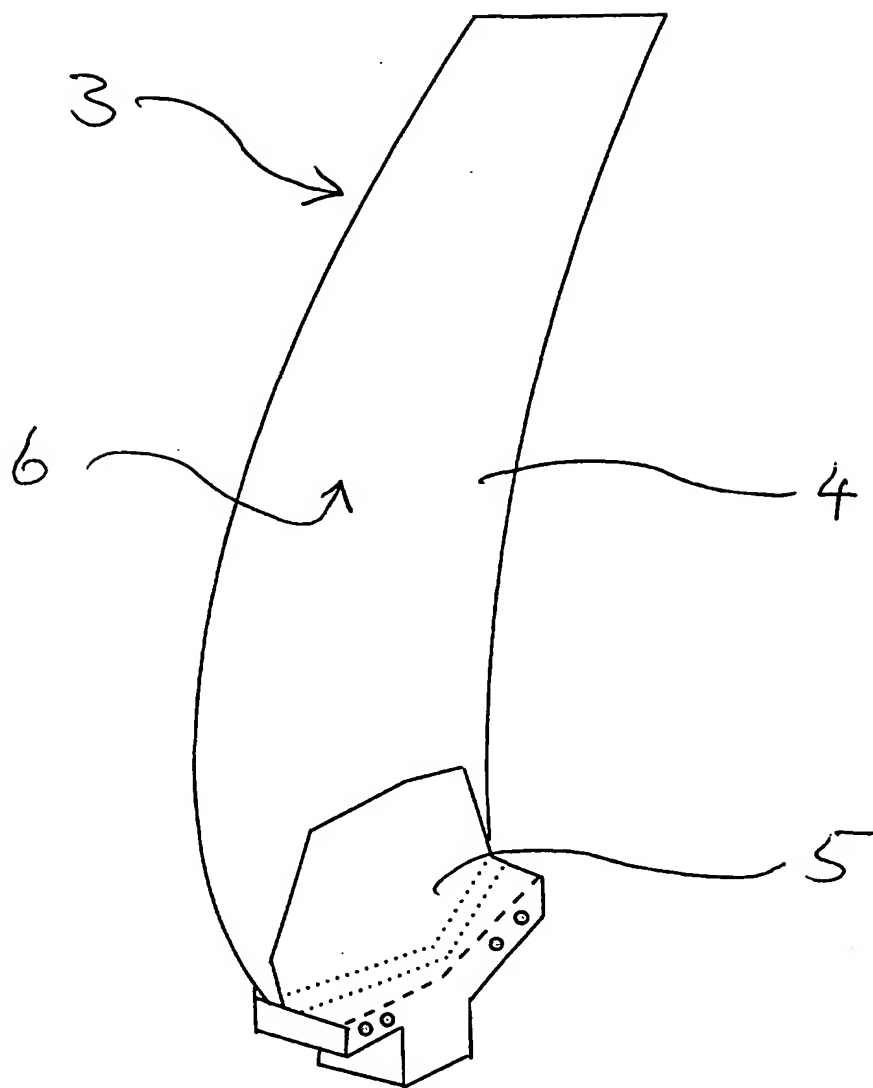
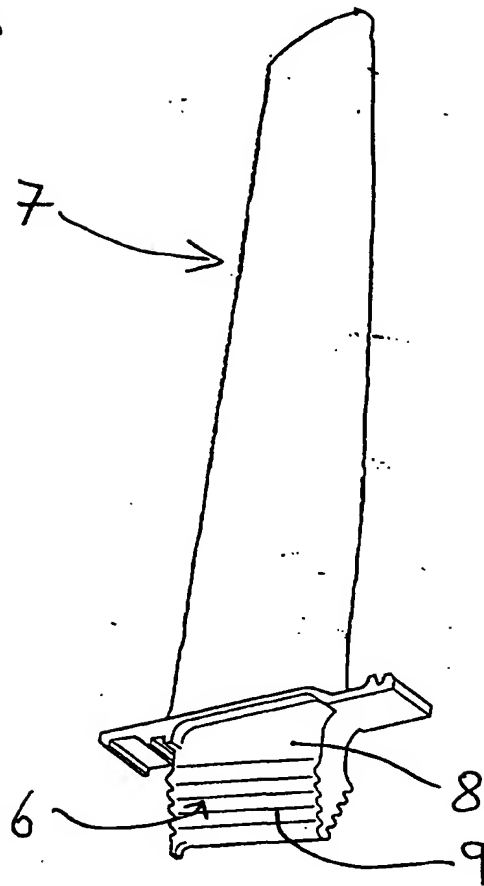


Fig. 3





**Fig. 4**



**Fig. 5**

